

## 概述

- **技术名称:** 混合干燥剂制冷系统
- **技术开发商:** DREAM – Palermo 能源与环境研究部
- **项目地点:** Palermo 大学, viale delle Scienze, 90128 Palermo, 意大利
- **发表日期:** 2008



图 1 空气处理单元

## 项目目标

一些研究表明：干燥转轮、再生温度、流速等都影响干燥剂制冷系统的除湿能力，而且需要额外的制冷功率来除湿以达到要求的供应空气质量。另外，夏季室外空气的湿度可能很高（高于 20g/kg）。因此，系统的除湿性能受到特别的关注。而且，系统可以通过可调节增湿器对系统在不同内部潜热负荷条件下进行测试，从而模拟不同的室内状况。

另外的关键点就是制冷机的废热部分部分得以在空气处理单元的加热盘管中利用，用于再生，从而需要的太阳能集热器面积可以减少。

现在已经了解，与常规系统相比，制冷系统的节能潜力受辅助系统（风扇、泵、等等）的高电耗的影响很大。考虑到这一点，对通风、制冷和辅助系统的电耗都实施了仔细的监控。

## 技术说明

系统由干燥剂制冷系统和热辐射天花板构成。空气处理系统为总容积 450 m<sup>3</sup> 的室内（用于模拟和测试太阳能制冷系统的性能的实验室）提供新鲜空气。干燥剂空气处理系统与热辐射天花板组合的性能检测，以便优化不同负荷条件下热辐射天花板的单位制冷功率。图 2 是系统构成和主要部件。

提供换气和除湿的干燥剂制冷单元利用太阳集热器和制冷机回收废热对干燥剂转轮再生。如果湿度和/或温度与设定值不符合，可以用两组辅助制冷盘管帮助达到要求。特别是，第一组盘管 CC1 利用做预除湿的目的，第二组则在直接蒸发冷却达不到要求的制冷量时用来控制气温。热辐射天花板用来满足显热负荷。图 3 是系统工作时典型的温度-湿度图。

制冷循环的空气处理单元控制有四个运行模式。系统从通风模式开始运行，这种模式下不进行主动式通风，仅仅打开风扇(mode 0)。在 mode 1 下，仅仅通过余热回收转轮 HX 进行简介蒸发冷却，在回风端进行增湿。在 mode 2，通过利用来自太阳能集热器或制冷剂冷凝器的热量对干燥剂转轮进行再生，实施太阳能干燥剂制冷循环。在 mode 3，在干燥剂制冷循环不足以达到需要的空气质量条件时，开启辅助制冷盘管以达到制冷负荷的要求。

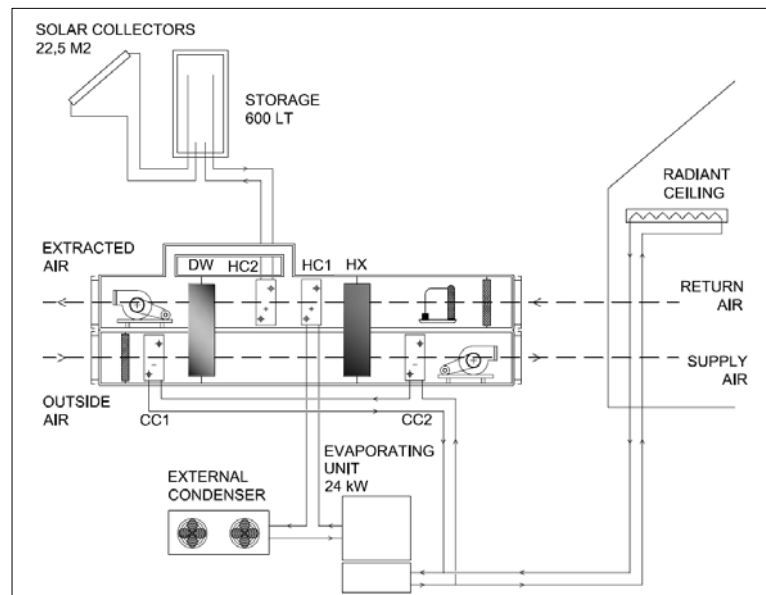


图 2 系统图解 — 夏季运行

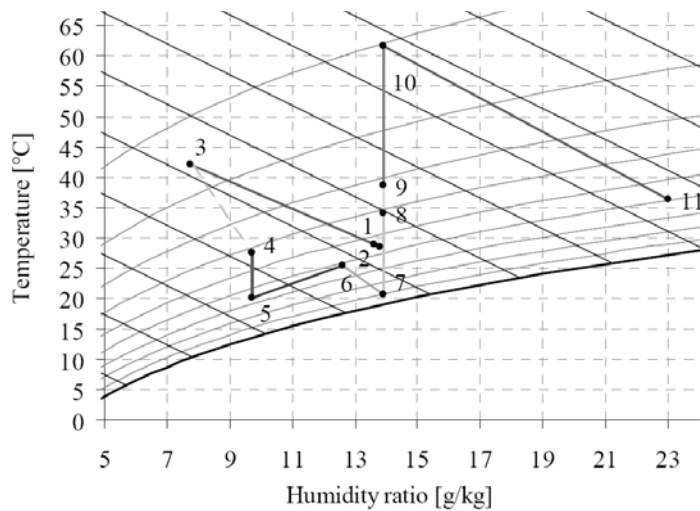
## 混合干燥剂制冷系统

- 意大利科研项目和国际能源机构 Task 38 项目成果

## 创新技术

- 干燥剂制冷
- 热辐射天花板
- 散热

图 3: 干燥剂制冷过程温度 - 湿度图 - 日期: 25.07.2008  
时间: 16.00



前面提到，热回收是通过将冷凝器的热量送到热辐射天花板和辅助制冷盘管实现的。冷却器排出的废热可以用来预热再生空气[1, 2, 3]。冷凝器盘管 HC1 将再生空气预热至 12-15°C。外部有一只冷凝器与盘管串联，帮助压缩循环的制冷剂冷凝。这种构造的另一个好处是 制冷电力需求和冷凝器排除废热两者在时间上的良好契合。太阳能集热器进一步将干燥剂转轮入口的再生温度提高至 65 - 70°C。由于冷却的天花板和辅助制冷盘管要求的冷却水的温度更高 (约 12°C)，提高制冷能力和冷却器的 COP 可以得到提高。容积 0.6 m<sup>3</sup> 的储热罐平衡太阳能系统的产热与向盘管 HC2 的供热。下表是相关技术数据。

表 1 设计数据

太阳能平板式集热器面积	22.5	[m <sup>2</sup> ]
太阳方位角	0	[°]
太阳斜度	35	[°]
储热能力	600	[l]
设计通风气流流速	1500	[m <sup>3</sup> /h]
比集热面积	15	[m <sup>2</sup> /1000 m <sup>3</sup> /h]
热辐射天花板工作面积	76.1	[m <sup>2</sup> ]
制冷剂最大制冷能力	24	[kW]
制冷剂额定 COP	3.47	[-]

## 结果和成果

监测结果是夏季运行结果 - 2008 年 7 月。运行时段是从每天 7.00 到 19.00。监测期内，室外平均温度和湿度分别是 30.1 °C 和 13.9 g/kg，峰值分别是 34 °C 和 17.4 g/kg。观测到的最高制冷负荷是 18.1 kW。模拟出的建筑潜热负荷在 2 到 3.6 kW 范围波动，这两个负荷值分别对应于室内有 30 和 60 个人。

图 4 是太阳能设备的行呢个和加热盘管 HC 2 中的再生温度。可以看到，可以达到的最高再生温度是 63°C，相应提供的再生空气加热功率是 6.4 kW。

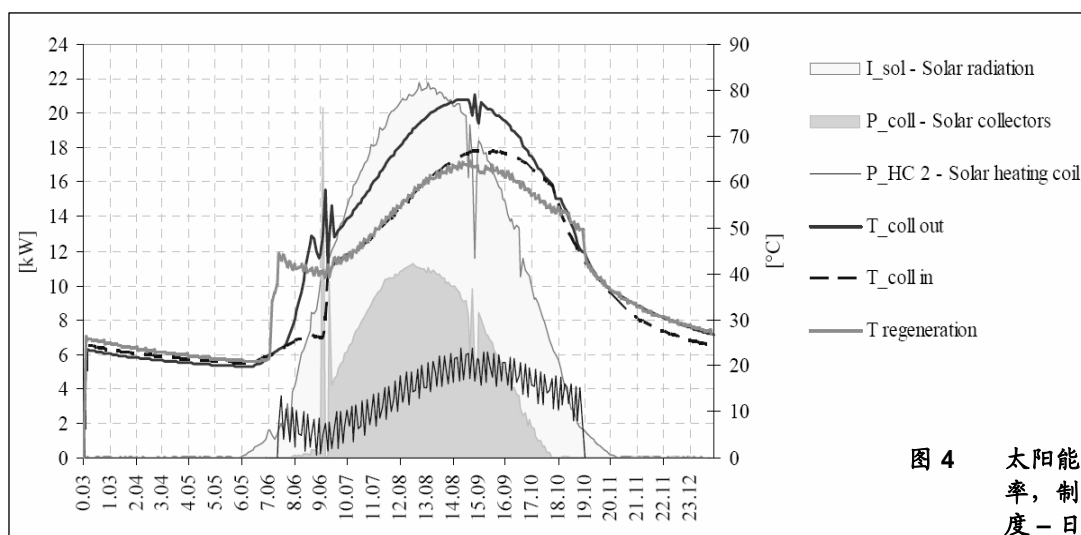


图 4 太阳能辐射量, 集热器功率, 制热盘管功率和不同温度 - 日期: 25.07.2008

- 未商业化的创新节能建筑材料;
- 创新的供热/制冷设备和供电技术, 以及可再生能源利用技术在建筑领域的应用;
- 最佳欧盟示范生态建筑

## 混合干燥剂制冷系统

- 意大利科研项目和国际能源机构 Task 38 项目成果

创新技术

- 干燥剂制冷
- 热辐射天花板
- 散热

通过收集的数据，可以计算平均性能和节能系统的数据，并与参考常规系统进行对比。

由于干燥转轮和附加的盘管使系统的压力损失较常规系统高，两类系统的通风耗电也不同。作为参考的常规空气处理系统的电耗是其中一个干燥剂空气处理系统的。在用于制冷的一次能源消费量的计算中，也假定在干燥剂制冷系统中使用的制冷机具有同样的性能。

下一张图是传递给通风、显热冷却和空气处理单元冷量分配的用热量  $Q_{AHU}$ 。可以看到，由干燥剂制冷循环提供的制冷量 ( $Q_{DEC}$ ) 所占比例平均为 42%。值得注意的是，由于热辐射天花板的功率不足以提供屋内的热负荷，提供新风温度要求更低(18-20°C)，以保证室内设定温度条件。由于这个原因，第二套辅助制冷盘管对制冷平衡的贡献达到  $Q_{BF2} = 47%$ 。

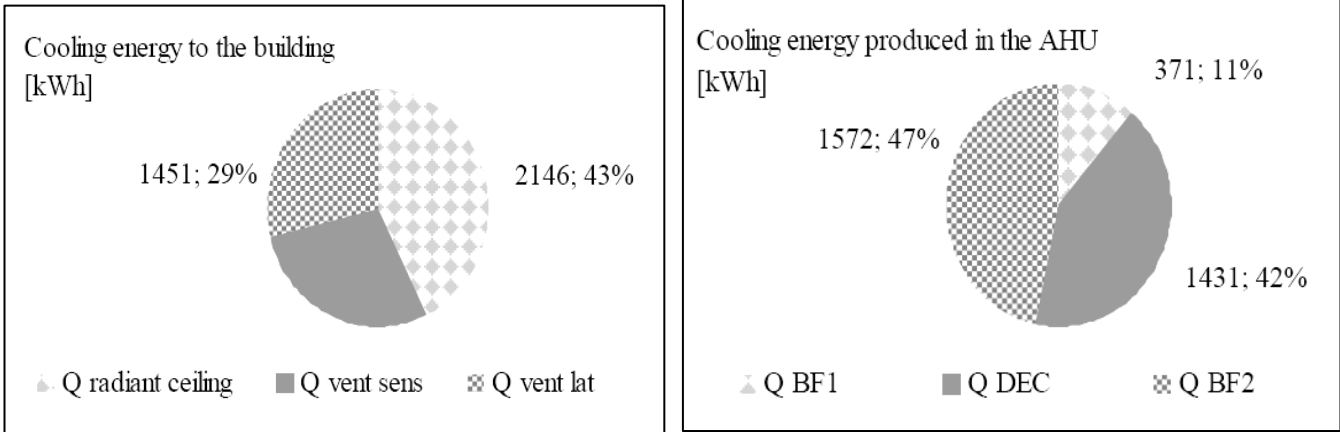


图 5 送入建筑（左）和空气处理单元（右）产生的冷量的分布

图 6 表明热交换所供的能量与太阳 HC 2 加热盘管的相似。HC1 凝聚热回收管所回收的热相当于太阳加热管所供热的 22%。同一图中还给出了整个系统的耗电状况。

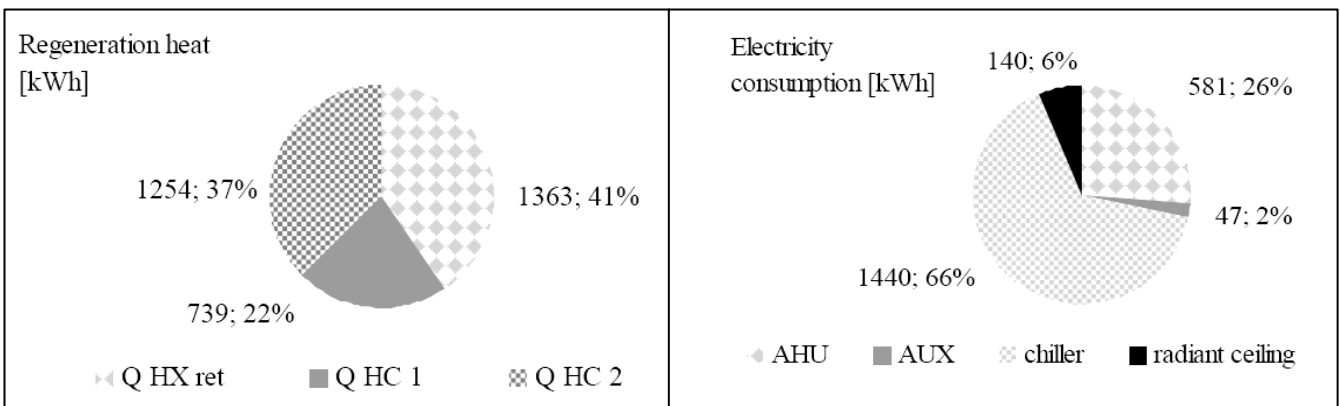


图 6 干燥剂循环（左）和用电（右）的再生热分布

干燥剂单元的一次能源消费比 (PERAHU) 为 1.03 kWh/kWhE，而参比系统这个值是 0.54 kWhcold/kWhPE。换言之，在这个监测期内干燥剂系统的节能率是 47%。

## 混合干燥剂制冷系统

- 意大利科研项目和国际能源机构 Task 38 项目成果

创新技术

- 干燥剂制冷
- 热辐射天花板
- 排热

下表是监测期内的一些测量平均值和性能数据。

通风新风空气流速	1831	[kg/h]	冷却水温度	12	[°C]
通风回风空气流速	1746	[kg/h]	SF <sub>DEC</sub>	42	[%]
建筑总的制冷功率	14.5	[kW]	再生温度	54	[°C]
建筑显热负荷 Sensible load of building	9.6	[kW]	再生流速比	2/3	[-]
建筑潜热负荷	3.9	[kW]	太阳能集热器效率	40	[%]
空气处理单元的制冷功率	9.1	[kW]	heatsolar_η	26	[%]
提供给建筑的制冷量	5028	[kWh]	COP <sub>th HC2</sub>	1.14	[-]
空气处理单元提供的制冷量	3374	[kWh]	COP <sub>th HC1+HC2</sub>	0.72	[-]
冷却器制冷功率	10.6	[kW]	PER <sub>AHU</sub>	1.03	[-]
冷却器的 COP	2.73	[-]	节约一次能源	47	[%]

表 1 月平均性能表现 - 2008 年 7 月

## 可能应用领域

整套系统在夏季运行良好。最初的监测数据显示结果非常好太阳能系统需要做进一步改进以提高太阳能供热效率及干燥剂循环的除湿能力。冷凝热盘管对再生热需求的贡献的监测结果很有意思，有待进一步的研究。换热器需要做一些机械上的调整，减少两侧的空气渗透问题。而且，湿度测量的精度有待提高。无论如何，一次能源的节约量是很可观的。

## 参考信息

Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica: PROGETTO FISIR "GENIUS LOCI" RUOLO DEL SETTORE EDILIZIO SUL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Regione Sicilia: Progetto SICENEA: P.O.R. 2000/06. MISURA 3.15 e (Potenziamento del sistema integrato dei laboratori di Ateneo).

Giacomini: Convenzione di Ricerca (Solar Cooling e Sistemi Radianti)

ENEA - Ministero dello Sviluppo Economico: Piano Operativo Annuale per le attività di Ricerca e Sviluppo di Interesse Generale per il Sistema Elettrico Nazionale.

IEA Task 38 - Solar Air-Conditioning and Refrigeration

## 进一步信息请联络

姓名	Marco Beccali
公司	Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali (DREAM) - Università degli Studi di Palermo
电话	+39091236211
传真	+39091484425
E-mail	marco.beccali@dream.unipa.it
地址	Via delle Scienze bld. 9 - 90128 Palermo, Italy

纸质稿由 ENEA 完成，公布于 02/2008